

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-122399  
 (43)Date of publication of application : 12.05.1995

(51)Int.Cl.

H05H 1/46  
 C23C 14/40  
 C23C 16/50  
 C23F 4/00  
 H01L 21/203  
 H01L 21/205  
 H01L 21/3065

(21)Application number : 05-284210  
 (22)Date of filing : 20.10.1993

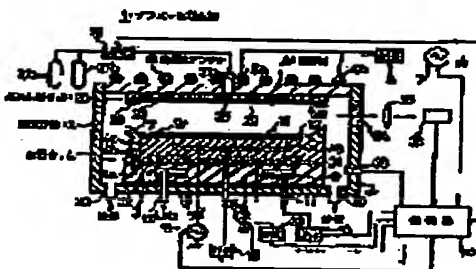
(71)Applicant : TOKYO ELECTRON LTD  
 (72)Inventor : ISHII NOBUO

## (54) PLASMA TREATMENT APPARATUS AND ITS CONTROLLING METHOD

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To improve the converging property of plasma flow and improve the precision of feed-back control of treatment by periodically supply high frequency energy to a high frequency antenna set outside of a treatment chamber.

**CONSTITUTION:** Emission spectrum generated out of a treatment container 2 at the time of, for example, etching is detected by an optical sensor 36 through a transmission window 34. Based on the alteration of the detected results or previously set values, on/off control of high frequency energy to be applied to a high frequency antenna 6 is carried out. Since the alteration of the component with short wave length emitted out of the container 2 through the window 34 is observed and the emission spectrum signal is corrected based on the degree of the deterioration of the transmitting property of the window 34, feed-back control can be done more precisely. The time when the spectrum signal reaches a prescribed value is determined to be the time of finishing the etching and energy supply and treatment gas supply are stopped and plasma treatment operation is finished.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.11.1998  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number] 3045444  
 [Date of registration] 17.03.2000  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right] 08.01.2003

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

<http://www19.ipdl.ncipi.go.jp/PA1/result/detail/main/wAAApLaq5GDA407122399...> 2004/10/01

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The control approach of the plasma treatment equipment which excites the induction plasma to the processing interior of a room by impressing high-frequency power to the RF antenna arranged through an insulator to the exterior of a processing room, and is characterized by to perform intermittently the RF energy supply to said RF antenna in controlling the plasma treatment equipment which performs predetermined processing to the processed object arranged in the processing interior of a room.

[Claim 2] The induction plasma is excited to the processing interior of a room by impressing high-frequency power to the RF antenna arranged through an insulator to the exterior of a processing room. While observing the emission spectrum of the gas which exists in said processing interior of a room through an observation window in controlling the plasma treatment equipment which performs predetermined processing to the processed object arranged in the processing interior of a room. Plasma treatment equipment which observes a part for short wave Nagamitsuru emitted through said observation window from said processing room, and is characterized by establishing the amendment means for amending the control signal which controls said processor according to said emission spectrum according to the short wave Nagamitsuru's change.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to plasma treatment equipment and its control approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the plasma treatment equipment of a parallel plate form using the RF (RF) as equipment for carrying out plasma treatment of a processed object, for example, the semi-conductor wafer etc., in the processing interior of a room is adopted widely. If the reactive-ion-etching (RIE) equipment with which the electrode of two sheets of a parallel plate mold has been arranged in the processing interior of a room is taken for an example, by impressing a RF to one of electrodes, or both electrodes, the plasma is generated between two electrodes, and it is constituted so that the processing side of a processed object may be made to carry out incidence of the plasma style and etching processing may be performed according to the auto-bias potential difference between this plasma and a processed object.

[0003] However, it is difficult a submicron unit which the plasma treatment equipment of the conventional type like above parallel plate mold plasma treatment equipment requires with super-high integration of a semi-conductor wafer, and to carry out micro-machining of a subhalf micron unit further, namely, the large area to which it is important to which to control the plasma of high density by high precision in a low voltage ambient atmosphere, and the plasma can moreover respond also to the diameter wafer of macrostomia in order to carry out this process with plasma treatment equipment — high — it is required to be uniform. Moreover, with the plasma treatment equipment using an electrode, the electrode itself became the source of release of heavy metal pollution at the time of plasma generating, and when especially micro-machining was required, it had become a problem.

[0004] The RF induction plasma generator which many approaches are made from various include angles to such a technical demand until now in order to establish the new plasma source, for example, uses a RF antenna for the Europe patent disclosure description No. 379828 is indicated. This RF induction plasma generator constitutes the whole surface of a wafer installation base and the processing room which counters from insulators, such as quartz glass, and it forms RF electromagnetic field in the processing interior of a room, makes the electron which flows the inside of this electromagnetic-field space collide with the neutral particle of raw gas, makes gas ionize, and it is constitute by impress high-frequency power to installation and this RF antenna for the RF antenna which becomes that external wall surface for example, from a whorl coil so that the plasma may generate.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, to use the processor of the RF induction plasma method constituted as mentioned above, it is necessary to control high density and the uniform plasma by high precision but, and in order not to establish the technique which still controls the generating plasma by stable and high precision but to adopt the above-mentioned processor with a production line, development of this control technique has been a urgent technical problem.

[0006] Moreover, although the approach of observing the emission spectrum generated from the plasma generated in a processing container through the observation window in which it was prepared by the processing container, and carrying out feedback control of each configuration by making into a control signal the luminescence intensity ratio of each component contained in the emission spectrum is learned. The active species contained in the plasma at the time of processing collides not only with the processing side of a processed object but with an observation window. The permeability of the observation window itself may be worsened depending on the case, exact feedback control may not be able to be performed with the signal value to which the emission spectrum observed through a transparency aperture was distorted unlike the actual value, and it had become a problem.

[0007] The places which this invention is made in view of the above troubles which conventional plasma treatment equipment has, and are made into the object are new and offering the control approach of the improved plasma treatment equipment for controlling the plasma of high density and high homogeneity by high precision within a processing container.

[0008] In case feedback control of the processor is carried out according to the luminescence intensity ratio of each component which object that this invention is still more nearly another observes the emission spectrum produced from the plasma in a processing container through an observation window, and is contained in the emission spectrum, even if it is the case where the permeability of the observation window itself gets worse by the plasma style — exact feedback control — or it is the thing which can maintain an observation window and for which

new and the improved plasma-treatment equipment are offered.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The induction plasma is excited to the processing interior of a room by impressing high-frequency power to the RF antenna arranged through an insulator to the exterior of a processing room according to the 1st viewpoint of this invention, in order to solve the above-mentioned technical problem. In controlling the plasma treatment equipment which performs predetermined processing to the processed object arranged in the processing interior of a room, the control approach of the plasma treatment equipment characterized by performing the RF energy supply to a RF antenna intermittently is offered.

[0010] Moreover, the induction plasma is excited to the processing interior of a room by impressing high-frequency power to the RF antenna arranged through an insulator to the exterior of a processing room according to the 2nd viewpoint of this invention. While observing the emission spectrum of the gas which exists in the processing interior of a room through an observation window in controlling the plasma treatment equipment which performs predetermined processing to the processed object arranged in the processing interior of a room. A part for short wave Naganari emitted from the processing room, for example, 100nm, 1000nm, An about 200nm component is preferably observed through an observation window, and the plasma treatment equipment characterized by establishing the amendment means for amending the control signal which controls a processor according to an emission spectrum according to the short wave Naganari's change is offered.

[0011]

[Function] Although radio-frequency energy was continuously supplied to the RF antenna and the plasma was continuously excited in the control approach of conventional plasma treatment equipment when generating the plasma in a processing container. According to this invention person's knowledge, when the active species of the plasma is activated too much when radio-frequency energy is supplied continuously in this way, for example, etching, the etching component was spread, and it became clear that etching effectiveness fell on the contrary. Since radio-frequency energy is intermittently supplied to a RF antenna in view of this point according to this invention, it is possible for the plasma in a processing container to be activated moderately and to build the optimal processing environment. In addition, about the time interval which supplies radio-frequency energy intermittently, it is possible to carry out according to the feedback signal which sets up experimentally or is sent from various sensors according to the time of a required processing environment. Moreover, exhaust air of a resultant can be promoted by adjusting the displacement in a processing container at the time of a RF energy supply halt.

[0012] Although observing the emission spectrum produced from the inside of a processing container through an observation window generally, and observing the condition in a processing container is performed. When plasma treatment is performed within a processing container. Distortion may arise to the signal which is filtered by the observation window in which the spatter was carried out also about the observation window at the time of the plasma, or gas constituents adhered, the permeability deteriorated, and the emission spectrum produced from the inside of a processing container deteriorated, and is observed, and the condition in a processing container may be unable to be grasped to accuracy. However, according to this invention, it is possible to get to know extent of degradation of an observation window by change for a part for short wave Naganari which is easy to be influenced of penetrable degradation by an observation window to the same observation window, for example, 100nm, and short wave Naganari which 1000nm of about 200nm components is observed preferably, and is penetrated. And if amendment is added or the need is accepted to the emission spectrum signal observed according to change for this short wave Naganari, it is possible to maintain exchange of an observation window etc.

[0013]

[Example] The plasma treatment equipment constituted based on this invention is explained to a detail about the suitable example applied to the etching system, referring to an accompanying drawing below.

[0014] The plasma etching system 1 shown in drawing 1 has the processing container 2 fabricated the shape of a cylinder or a rectangle which consists of a conductive ingredient, for example, aluminum etc., and the installation base 4 of the shape of an approximate circle column for laying the processed object W, for example, a semi-conductor wafer, is held in the pars basilaris ossis occipitalis of this processing container 2 through the electric insulating plates 3, such as a ceramic. Moreover, the installation side of the installation base 4 and the crowning of the processing container which counters mostly consist of an insulating material 5, for example, quartz glass, and a ceramic, and the RF antenna 6 which whirled around to the external wall surface of the insulating material 5, and formed a conductor, for example, a copper plate, aluminum, stainless steel, etc. in the coiled form in it is arranged. Among the ends children (inside terminal 6a and outside terminal 6b) of this RF antenna 6, it is constituted so that it may be possible to impress 13.56MHz radio-frequency energy through the matching circuit 8 from RF generator 7 for plasma production.

[0015] The installation base 4 for laying the processed objects W, such as a semi-conductor wafer, mainly consists of susceptor 4a fabricated by aluminum etc. in the shape of a cylinder, and susceptor 4c which consists of aluminum prepared by bolt 4b etc. free [ attachment and detachment ] on this. Thus, by constituting susceptor 4c, enabling free attachment and detachment, a maintenance etc. can be carried out easily.

[0016] The cooling means 9, for example, a cooling jacket, is formed in above-mentioned susceptor 4a, and refrigerants, such as liquid nitrogen, are introduced into this jacket 9 through the refrigerant installation tubing 11 from the source 10 of a refrigerant. The liquid nitrogen which furthermore circulated through the inside of a jacket and was evaporated according to a heat exchange operation is discharged out of a container from the refrigerant exhaust pipe 12. It is possible to cool to the temperature which heat transfer of the cold energy of -196-

degree C liquid nitrogen is carried out to the semi-conductor wafer W through susceptor 4c by this configuration from a cooling jacket 9, and asks for the processing side.

[0017] Moreover, the electrostatic chuck 12 is formed in the wafer installation section on the above-mentioned top face of susceptor 4c fabricated by the approximate circle column configuration in wafer area and \*\*\*\* area. This electrostatic chuck 12 is formed by putting the electric conduction film 13, such as copper foil, in the state of an insulation between the macromolecule polyimide films of two sheets, and this electric conduction film 13 is connected to the adjustable direct-current high voltage power supply 14 by lead wire. Therefore, by impressing high tension to this electric conduction film 13, it is constituted so that it may be possible on the top face of the above-mentioned electrostatic chuck 12 to carry out adsorption maintenance of the semi-conductor wafer W according to Coulomb force.

[0018] These are penetrated in above-mentioned susceptor 4a and susceptor 4c, and the gas passageway 16 for supplying heat transfer gas (back cooling gas), such as helium, to the joint of each part material which constitutes the rear face of the semi-conductor wafer W and susceptor 4c from a source 15 of gas etc. is formed in them. Moreover, the annular focal ring 17 is arranged at the upper bed periphery section of the above-mentioned susceptor 4c so that the semi-conductor wafer W may be surrounded. This focal ring 17 consists of a high resistor which does not draw reactant ion near, for example, a ceramic, quartz glass, etc., and it acts so that incidence of the reactant ion may be effectively carried out to the inside semi-conductor wafer W.

[0019] It is possible by connecting RF generator 19 to above-mentioned susceptor 4c through the capacitor 18 for matching furthermore, and impressing 2MHz high-frequency power to susceptor 4c at the time of processing to produce bias potential and to make a plasma style irradiate to the processing side of a processed object effectively between plasma. Above the above-mentioned susceptor 4c, the gas supply means 20 which consists of quartz glass or ceramics is arranged. This gas supply means 20 is carrying out the shape of the installation side of the above-mentioned susceptor 4c, and a hollow disk type of \*\*\*\* area, and the gas supply line 21 which penetrates the center of abbreviation of the above-mentioned insulating material 5 in that upper part, and is open for free passage to the centrum of the gas supply means 20 is attached. Many stomata 23 are drilled in the underside 22 of the gas supply means 20, and it is constituted so that etching gas may be blown off to homogeneity in downward processing space. Moreover, the buffer disk 26 with which the height 25 which projects toward a gas supply line 21 was formed in the center section is formed in the centrum of the above-mentioned gas supply means 20, and while promoting mixing of the etching gas supplied through a massflow controller 28 from the sources 27a and 27b of gas, it is constituted so that gas may blow off to the processing interior of a room by the more uniform flow rate. The annular projection 29 which acts so that gas may be centralized on the processing side of a processed object turns to the perimeter of the underside 22 of the above-mentioned gas supply means 20 caudad, and is attached in it further again.

[0020] Moreover, an exhaust pipe 30 is connected to the pars-basilaris-occipitalis wall of the above-mentioned processing container 2, and while being constituted so that it can discharge with the exhaust air pump which does not illustrate the ambient atmosphere in this processing container 2, the gate valve which is not illustrated is prepared in the center-section side attachment wall, and it is constituted so that carrying-in taking out of the semi-conductor wafer W may be performed through this gate valve.

[0021] Furthermore, the heater 32 for temperature control held in the heater standing ways 31 is formed in the susceptor lower part between the above-mentioned electrostatic chuck 12 and a cooling jacket 9, and by adjusting the power supplied to this heater 32 for temperature control from a power source 33, conduction of the cold energy from the above-mentioned cooling jacket 9 is controlled, and it is constituted so that temperature control of the processed side of the semi-conductor wafer W can be performed.

[0022] Next, the configuration of the control system of the processor constituted as mentioned above is explained. The transparency aperture 34 which consists of transparent ingredients, such as quartz glass, is attached in one side attachment wall of the above-mentioned processing container 2, and it is constituted so that delivery, the signal about the emission spectrum generated from the processing interior of a room, and the signal about a part for short-wave Naganari may be sent to short-wavelength sensor 36b which detects a part for photo-sensor 36a which detects an emission spectrum for a part for the emission spectrum of the processing interior of a room, and short wave Naganari through optical system 35, and short-wave Naganari at a controller 37, respectively. Moreover, the sensor 38 for detecting the pressure of the processing interior of a room etc. is attached in the above-mentioned processing container 2, and it is constituted so that the signal about the pressure of the processing interior of a room etc. can be sent to a controller 37. A controller 37 can adjust the operating environment of delivery and plasma treatment equipment for a control signal to RF generator 7 for plasma generating, RF generator 15 for bias, the source 10 of a refrigerant, the power source 33 for temperature control, the source 15 for back cooling of gas, the massflow controller 28 for raw gas, etc. the optimal based on the feedback signal or the set point setup beforehand from these sensors.

[0023] Next, the example which applied the control approach of the plasma etching system constituted based on this invention to the above control systems is explained.

[0024] First, according to the value set up beforehand, corresponding to an emission spectrum signal etc., to a RF antenna, on-off control of the radio-frequency energy is carried out, and, according to the 1st viewpoint of this invention, it is supplied intermittently. Thus, since it becomes possible to prevent diffusion of the active species of the plasma and to centralize a plasma style on the processing side of a processed object by generating the plasma intermittently, it is possible to raise etching effectiveness. Moreover, since exhaust air of a resultant is promoted

during a plasma halt, it is possible to raise an etching rate further. Moreover, it is also possible to consider displacement as the configuration which carries out degree adjustment during a plasma halt if needed.

[0025] Moreover, it is observed by the photo sensor 36 through the optical system 35 containing a spectroscopic etc. from the observation window 34 which the emission spectrum generated out of a processing container at the time of plasma treatment becomes from quartz glass etc., and on-off control of the radio-frequency energy supplied to a RF antenna etc. is performed, corresponding to change of the emission spectrum. However, since a part of plasma style collides also with an observation window 34 at the time of plasma treatment, observation window 34 the very thing is etched, or gas constituents adhere, and there is a possibility that the permeability may deteriorate. In this case, since passage of the observation window 34 of the emission spectrum generated within the processing container is barred, an exact signal cannot be acquired, and when feedback control of the equipment is carried out based on the starting perverted signal, exact processing cannot be performed like incorrect actuation.

[0026] Then, according to the 2nd viewpoint of this invention, through the same observation window 34 as the observation window 34 which observes an emission spectrum, the amount of [ which is simultaneously produced from the processing interior of a room ], for example, 100nm, short wave Naganari is not, and 1000nm is preferably observed also about an about 200nm component. A part for such short wave Naganari has the high sensibility to penetrable degradation of an observation window 34, therefore it is possible to grasp penetrable degradation of an observation window 34 by observing change for short wave Naganari sent through an observation window 34 in short wavelength sensor 36b. Then, it is possible to perform exact feedback control by adding amendment to the signal about the emission spectrum detected by the above-mentioned photo-sensor 36a according to extent of this degradation. Moreover, as a result of observation for short wave Naganari, when extent of degradation of an observation window 34 is excessive, it can maintain exchanging observation window 34 the very thing etc.

[0027] Next, based on drawing 2, the configuration in the production process of the above-mentioned plasma etching system is explained. In addition, about the same configuration of the already explained plasma etching system, the detailed explanation is omitted by \*\*\*\*\* which attaches the same number.

[0028] Like a graphic display, the load lock chamber 40 which adjoins through the gate valve 39 prepared free [ closing motion ] is connected to one side attachment wall of the processing container 2 of the RF induction plasma treatment equipment 1 which can apply this invention. The transport device 41, for example, the conveyance arm against which was coated with the arm made from aluminum by conductive Teflon, and electrostatic measures were taken, is formed in this load lock chamber 40. Moreover, an exhaust pipe 42 is connected to the above-mentioned load lock chamber 40 from the exhaust port established in the base, and through the evacuation valve 43, with the vacuum pump 44, it is constituted so that vacuum suction may be possible.

[0029] The cassette room 46 which adjoins through the gate valve 45 prepared free [ closing motion ] is connected to the side attachment wall of the above-mentioned load lock chamber 40. The installation base 48 in which a cassette 47 is laid is established in this cassette room 46, and this cassette 47 is constituted so that the semi-conductor wafer W25 sheet which is for example, a processed object can be contained as one lot. Moreover, an exhaust pipe 49 is connected to the above-mentioned cassette room 46 from the exhaust port established in the base, and through the evacuation valve 50, with the vacuum pump 44, it constitutes the interior of a room so that vacuum suction may be possible. Moreover, the side attachment wall of another side of the above-mentioned cassette room 46 is constituted so that atmospheric air may be touched through the gate valve 51 prepared free [ closing motion ].

[0030] Next, actuation of the plasma treatment equipment 1 constituted as mentioned above is explained briefly. First, opening of the gate valve 51 prepared between atmospheric air is carried out, it is laid on the installation base 48 of the cassette room 46 by the carrier robot which the cassette 47 which contained the processed object W does not illustrate, and the above-mentioned gate valve 51 is embarrassed. The evacuation valve 50 connected to the above-mentioned cassette room 46 carries out opening, and the above-mentioned cassette room 46 is exhausted by the vacuum ambient atmosphere, for example, 10-1Torr, with a vacuum pump 44.

[0031] Subsequently, the gate valve 45 between a load lock chamber 40 and the cassette room 46 carries out opening, and it is taken out from the cassette 47 by which the processed object W was laid in the above-mentioned cassette room 46 by the conveyance arm 41, it is held, and is conveyed to the above-mentioned load lock chamber 40, and the above-mentioned gate valve 45 is embarrassed. The evacuation valve 43 connected to the above-mentioned load lock chamber 40 carries out opening, and the above-mentioned load lock chamber 40 is exhausted by the vacuum ambient atmosphere, for example, 10-3Torr, with a vacuum pump 44.

[0032] Subsequently, after the gate valve 39 between a load lock chamber 40 and the processing container 2 carries out opening, the processed object W is conveyed by the above-mentioned conveyance arm 41 to the above-mentioned processing container 2, the pusher pin which is not illustrated on susceptor 4c is won popularity and passed and the above-mentioned conveyance arm 41 returns to a load lock chamber 40, a gate valve 39 is embarrassed. Then, high voltage direct current voltage is impressed to the electrostatic chuck 12, and installation immobilization of the semi-conductor wafer W is carried out on susceptor 4c by lowering a pusher pin and laying the processed object W on the electrostatic chuck 12. The inside of the above-mentioned processing container 2 is exhausted by the vacuum ambient atmosphere, for example, 10-5Torr, through the vacuum pump 44 by carrying out opening of the evacuation valve 52 in the meantime.

[0033] Furthermore, supplying the gas for back cooling for heat transfer to each joint of the rear face of the semi-conductor wafer W, and the installation base 4, cold energy is supplied from a cooling jacket 9, and it cools even to the temperature of a request of the processing side of the semi-conductor wafer W. Raw gas, such as CHF<sub>3</sub>, is

introduced in the processing container 2 through the gas supply means 20 after an appropriate time. In order to obtain the optimal etch rate beforehand called for using the dummy wafer based on this invention, after having reached the optimal pressure ambient atmosphere was detected by the pressure sensor 38. The matching circuit 8 is minded from RF generator 7. At a RF antenna for example, by exciting the plasma in the processing container 2 and applying bias potential to the installation base 4 further by impressing 13.56MHz high-frequency power Plasma treatment, such as etching, is performed as opposed to the processed object W. According to this invention, in that case, it can prevent that a resultant adheres to a wall by heating preferably 50 degrees C - 100 degrees C of temperature of the wall of a processing room at 60 degrees C - 80 degrees C.

[0034] Furthermore, according to this invention, the emission spectrum generated out of the processing container 2 at the time of etching is detected by the photo sensor 36 through the transparency aperture 34, and on-off control of the radio-frequency energy impressed to a RF antenna is carried out based on the value set up beforehand, corresponding to change of the observed emission spectrum. Moreover, since change for short wave Naganari generated out of a processing container through the same transparency aperture 34 is observed and the above-mentioned emission-spectrum signal is amended according to extent of penetrable degradation of the transparency aperture 34 according to this invention in that case, more exact feedback control can be performed. Thus, when the emission spectrum detected reaches a predetermined value, it is judged that etching was completed, while impression of radio-frequency energy is stopped, supply of raw gas is also suspended, and plasma treatment actuation is completed.

[0035] Subsequently, in order to permute raw gas and the resultant in the above-mentioned processing container 2, while introducing inert gas, such as nitrogen, in the above-mentioned processing container 2, exhaust air by the vacuum pump 44 is performed. After residual raw gas and the resultant in the above-mentioned processing container 2 are fully exhausted, opening of the gate valve 39 prepared in the side face of the above-mentioned processing container 2 is carried out, the conveyance arm 41 moves to the location of the processed object W in the processing container 2, the processed object W lifted from the installation base 4 by the pusher pin conveys to reception and the above-mentioned load lock chamber 40, and the above-mentioned gate valve 39 is embarrassed from an adjoining load lock chamber 40. In this load lock chamber 40, temperature up of the processed object W is carried out to a room temperature, for example, 18 degrees C, at a heater, and when being taken out by atmospheric air through the cassette room 48 from that account load lock chamber 40 of Gokami, it ends a series of actuation.

[0036] In addition, in the example shown in drawing 1, although it whirled as shown in drawing 3, and RF generator 7 and the matching circuit 8 are connected between inside edge 6a of a coil, and outside edge 6b, this invention is not limited to this configuration. For example, as shown in drawing 4, it is also possible to adopt the configuration which connects RF generator 7 and the matching circuit 8 only to outside edge 6b of a whorl coil. This configuration enables it to generate the good RF induction plasma in the processing container 2, even if it is a low voltage ambient atmosphere more.

[0037] Next, the example about various equipment configurations for controlling the condition of the plasma excited through the RF antenna 6 in the processing container 2 the optimal is explained, referring to drawing 5 thru/or drawing 14. In addition, in each drawing attached to this description, detailed explanation will be omitted by \*\*\*\*\* which attaches the reference number same about the component which has the same function.

[0038] Other examples of the RF antenna 6 attached in the external wall surface of an insulating material 5 are shown in drawing 5. In this example, 6c is made into a double volume, and the part is constituted so that the thing of the RF antenna 6 which consists of a whorl coil for which stronger electromagnetic field are formed from those duplication parts 6b and 6c may be possible. Thus, by making the number of turns of a whorl coil adjustable selectively, the density distribution of the plasma excited in the processing container 2 can be adjusted. In addition, although the duplication part of the RF antenna 6 was set as the periphery part in the example of a graphic display, a duplication part can be set as the part of the arbitration of the RF antenna 6 according to the density distribution of the required plasma. Moreover, although the duplication part of the RF antenna 6 was only constituted from an example of a graphic display in the double volume, it is possible to set it as the number of turns of arbitration according to the density distribution of the required plasma.

[0039] The example which has arranged the 2nd electrode 53a and 53b made from aluminum to the radial at this spacing so that the installation base 4 may be surrounded inside the processing container 2 is shown in drawing 6. RF generators 55a and 55b are connected to these electrodes 53a and 53b through the matching circuits 54a and 54b, respectively. By this configuration, it adds to the radio-frequency energy for bias impressed to the installation base 4. Since it is possible to impress the radio-frequency energy for bias also to the 2nd electrode 53a and 53b which surrounds the processed side of the processed object W from a radial periphery to a radial at this spacing it is possible by adjusting the magnitude of each radio-frequency energy, the amplitude, a phase, a frequency, etc. to control the condition of the plasma excited in the processing container 2 the optimal.

[0040] The example by which the electrode 56 of the shape of a mesh which consists of silicon or aluminum has been arranged the lower part of the gas blowdown side of the gas supply means 20 and above the installation base 4 is shown in the interior of the processing container 2 at drawing 7. The adjustable power source 57 is connected to this electrode 56, and by passing a suitable current to this electrode 56, distribution of the electric field formed of the operation of the RF antenna 6 in the processing container 2 is controlled, and it becomes possible to excite the plasma which has desired density distribution in the processing container 2.

[0041] Moreover, in the example shown in drawing 1, although the RF antenna 6 is arranged on the top face of the processing container 2 through the insulating materials 5, such as quartz glass, this invention is not limited to this



example. For example, as shown in drawing 8, it is also possible to adopt the configuration which constituted some side attachment walls of the processing container 2 from insulating materials 58, such as quartz glass and ceramics, and attached the 2nd RF antenna 59 in the external wall surface of the insulating material 58. These 2nd high frequency antenna 59 is preferably arranged at this spacing at a radial, and it is constituted so that it may be more possible than RF generator 61 connected through the matching circuit 60 to impress radio-frequency energy. Since it becomes possible to excite the plasma also from the side-attachment-wall part of the processing container 2 by this configuration, by adjusting the radio-frequency energy impressed to each antenna, it becomes possible to generate the high-density and uniform plasma in the processing container 2 in desired density distribution, and plasma treatment with a more high precision becomes possible.

[0042] Moreover, it is also more possible than RF generator 68 which constituted some installation bases 4 from insulating materials 62, such as quartz glass and ceramics, as shown in drawing 9, arranged the high frequency antenna 63 on the underside, and was connected through the matching circuit 67 to consider as the configuration which impresses radio-frequency energy to the high frequency antenna 63. Since this configuration enables it to excite the plasma also from the underside of the installation base 4 of the processing container 2, by adjusting the radio-frequency energy impressed to each antenna, it becomes possible to generate the high-density and uniform plasma in the processing container 2 in desired density distribution, and plasma treatment with a more high precision becomes possible.

[0043] Moreover, it is also more possible than RF generator 72 which constituted the focal ring arranged around [ top face ] the installation base 4 from insulating materials 69, such as quartz glass and ceramics, as shown in drawing 10, arranged the high frequency antenna 70 on the perimeter, and was connected to the high frequency antenna 70 through the matching circuit 71 to consider as the configuration which impresses radio-frequency energy. Since this configuration enables it to excite the plasma also from the perimeter of the installation base 4 of the processing container 2, by adjusting the radio-frequency energy impressed to each antenna, it becomes possible to generate the high-density and uniform plasma in the processing container 2 in desired density distribution, and plasma treatment with a more high precision becomes possible.

[0044] moreover, in carrying out plasma treatment of the processed object of a large area comparatively, LCD etc. As shown in drawing 11, two or more RF antennas 74a, 74b, and 74c, 75d is attached in the outer wall section of the insulating material 5 arranged on the top face of the processing container 2. It is also more possible than RF generators 76a, 76b, 76c, and 76d connected to each high frequency antenna through the matching circuits 75a, 75b, 75c, and 75d to adopt the configuration which impresses radio-frequency energy. This configuration enables it to excite the uniform RF plasma by high density, even if it is the large-sized processing container 2 which processes the processed object of a large area comparatively.

[0045] Moreover, in the above-mentioned example, the processed object W is laid in the top face of the installation base 4, and although the configuration which excites the plasma with the RF antenna 8 arranged on the top face of the processing container 2 is adopted, this invention is not limited to this configuration. For example, it is also possible to adopt a face down method as shown in drawing 12. A top-and-bottom inversion is carried out mostly, and this equipment configuration arranges each component of the processor shown in drawing 1, and makes it "" attached and shown with \*\* which attaches the reference number same about what has the same function as each component shown in drawing 1, in order to discriminate from the component of drawing 1. However, it is desirable to establish the pusher pin device 77 in which the vertical movement for removing the support device 76 in which the vertical movement for supporting the processed object W from a lower part is possible, and the processed object W from the electrostatic chuck 12 in the case of the equipment of the face down method shown in drawing 12 is possible. Since it is possible to protect the processing side of the processed object W from contamination of a particle etc. by adopting this configuration, much more improvement in the yield and a throughput can be aimed at. [0046] or — the configuration which arranges cylindrical shape-like processing container 2" perpendicularly, allots insulating material 5" to the both sides, and attaches RF antenna 6" in the external wall surface of each insulating material 5", respectively as shown in drawing 13 — carrying out — the center of processing container 2" — abbreviation — It is possible to also adopt the configuration which carries out the adsorption immobilization of the processed object W through electrostatic chuck 12" as both sides of installation base 4" arranged vertically. In addition, each component of the equipment shown in drawing 13 is made for "" to be attached and shown with \*\* which attaches the reference number same about what has the function are almost the same as that of each component of the processor shown in drawing 1, and same as each component shown in drawing 1, in order to discriminate from the component of drawing 1. Since the processed side of the processed object W is vertically allotted while becoming possible to process two or more processed objects W simultaneously by adopting this configuration, a processed side is protected from contamination of a particle etc. and much more improvement in the yield and a throughput can be aimed at.

[0047] Still more nearly another example of plasma treatment equipment based on this invention is shown in drawing 14. In this example, a susceptor 4 is laid on the elevator style 78 in which the wall surface of the processing container 2 is completely possible as another object (i.e., vertical movement), and the duct or the various electric circuits which supply a heat sink and heat transfer gas to a susceptor 4 are arranged inside this elevator style 78. By adopting this configuration, it becomes possible to process by moving a processed side to the space which has the optimal plasma density distribution by moving the processed side of a susceptor 4 up and down to the RF antenna 6 which is a plasma source of release, and adjusting.

[0048] Although the plasma etching system was mentioned as the example and explained about the suitable example



of this invention above, this invention can be applied to other plasma treatment equipments, such as plasma-CVD equipment, a plasma ashing device, and plasma spatter equipment, without being limited to this example, and it is possible to apply not only to a semi-conductor wafer but to the processed object of a LCD substrate and others also about a processed object.

[0049]

[Effect of the Invention] Since radio-frequency energy is intermittently supplied to a RF antenna based on the feedback signal or the value set up beforehand from a processor according to the 1st viewpoint of this invention as explained above, it is possible to be hard to produce diffusion of the plasma and to centralize a plasma style on the processing side of a processed object. Moreover, since exhaust air of a resultant is promoted at the time of a plasma halt, the effectiveness of plasma treatment can be raised.

[0050] Moreover, since it becomes possible since a part for short wave Naganari is also observed to the emission spectrum and coincidence which are generated from the processing interior of a room through an observation window according to the 2nd viewpoint of this invention to get to know penetrable degradation of an observation window according to fluctuation for short wave Naganari and an emission spectrum signal can be amended according to extent of the degradation, a more exact feedback signal can be acquired.

---

[Translation done.]

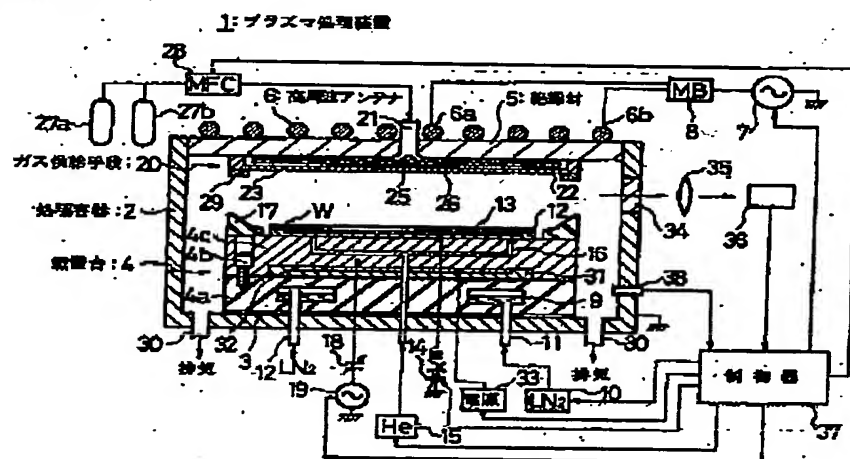
## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

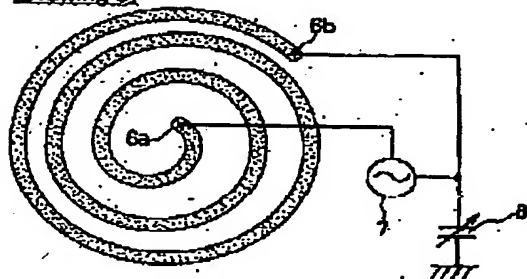
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

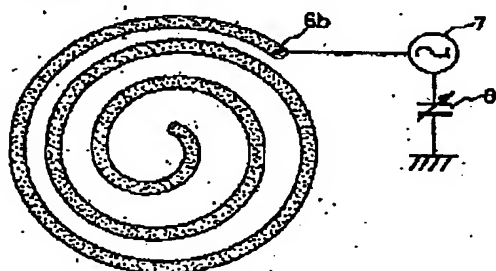
[Drawing 1]



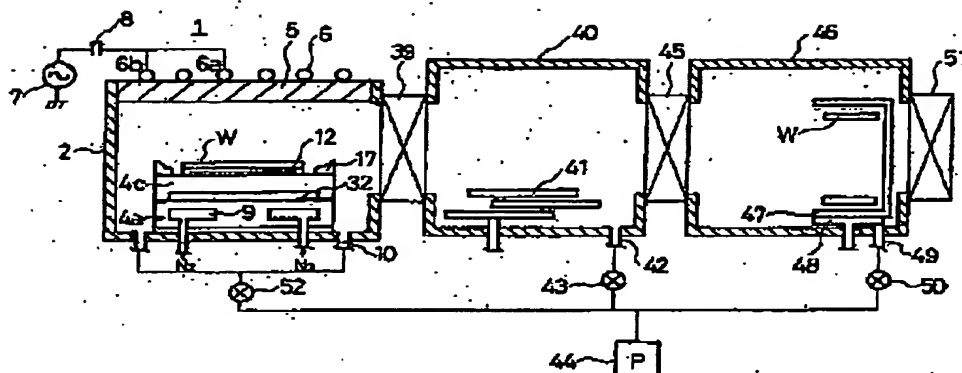
[Drawing 3]



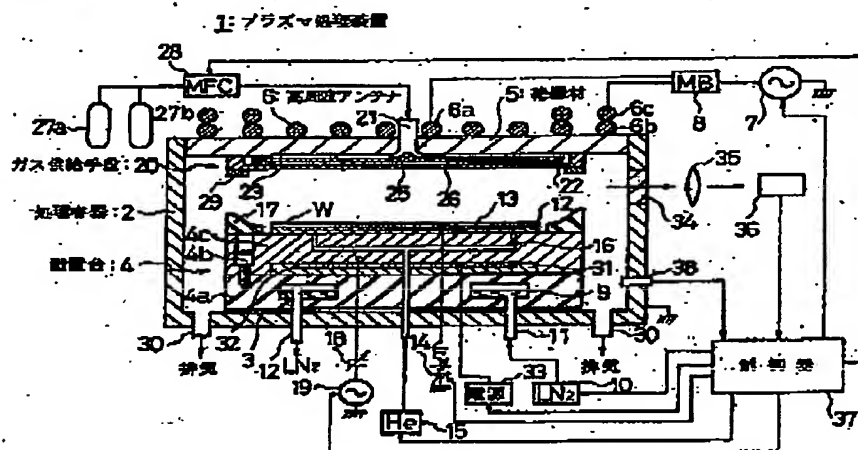
[Drawing 4]



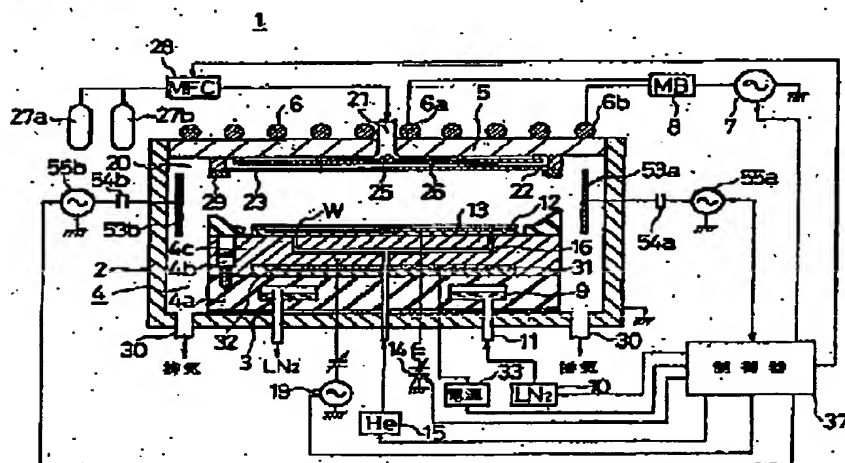
[Drawing 2]



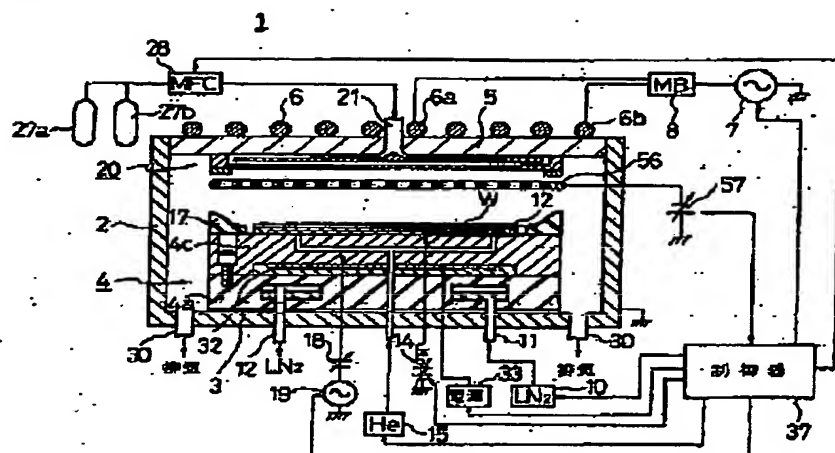
[Drawing 5]



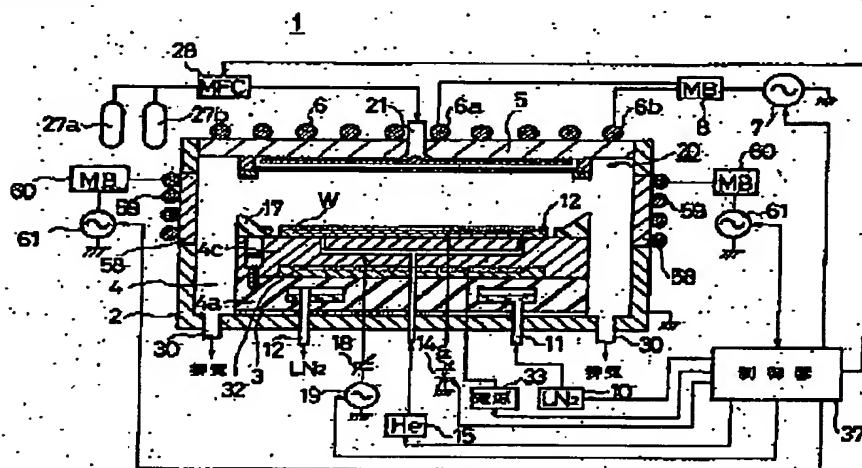
[Drawing 6]



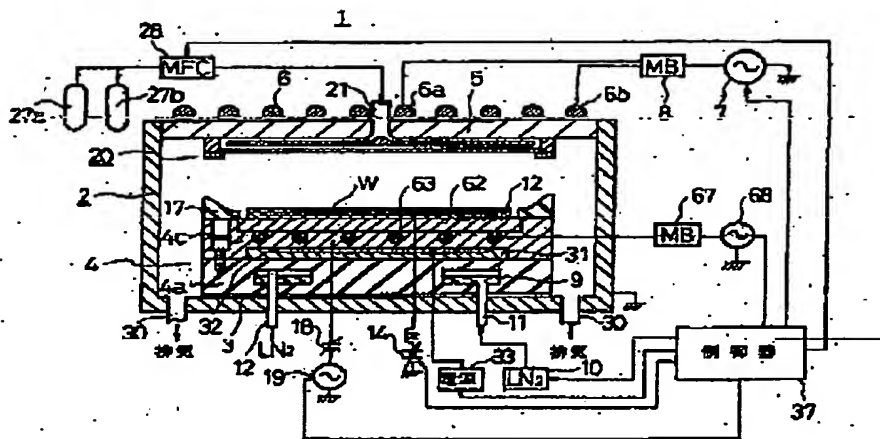
[Drawing 7]



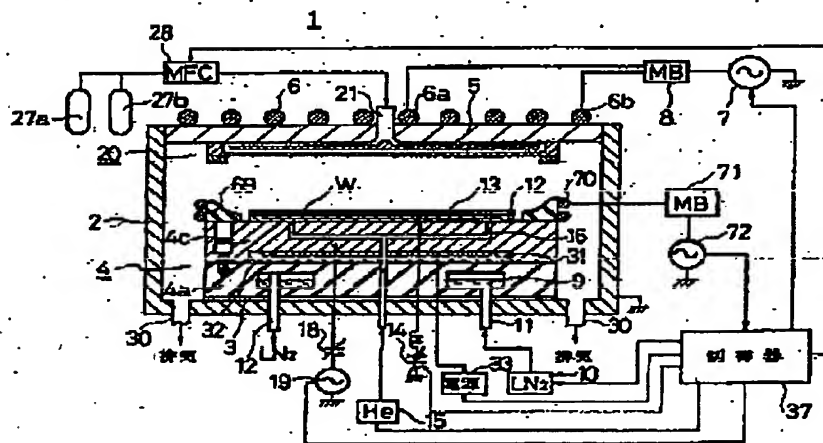
[Drawing 8]



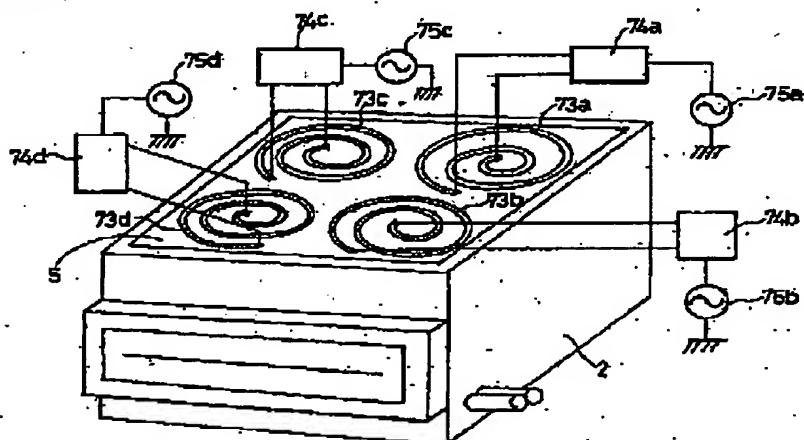
[Drawing 9]



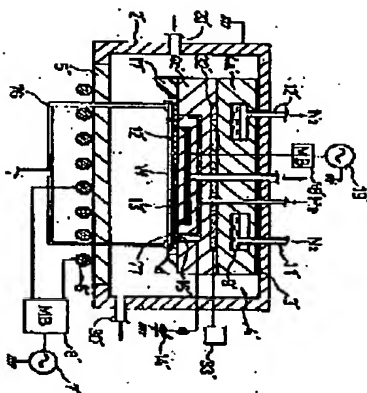
[Drawing 10]



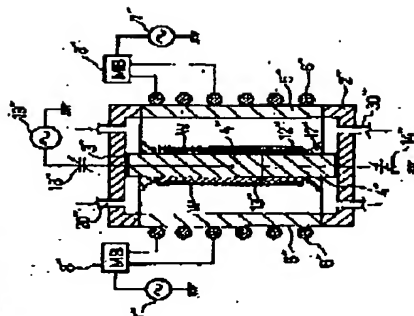
[Drawing 11]



Drawing 12



Drawing 13



Drawing 14



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-122399

(43) 公開日 平成7年(1995)5月12日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

H 0 5 H 1/46

C 2 3 C 14/40

16/50

識別記号

M

庁内整理番号

9014-2G

8414-4K

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/ 302

B

E

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平5-284210

(22) 出願日 平成5年(1993)10月20日

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂5丁目3番6号

(72) 発明者 石井 信雄

東京都新宿区西新宿2丁目3番1号 東京  
エレクトロン株式会社内

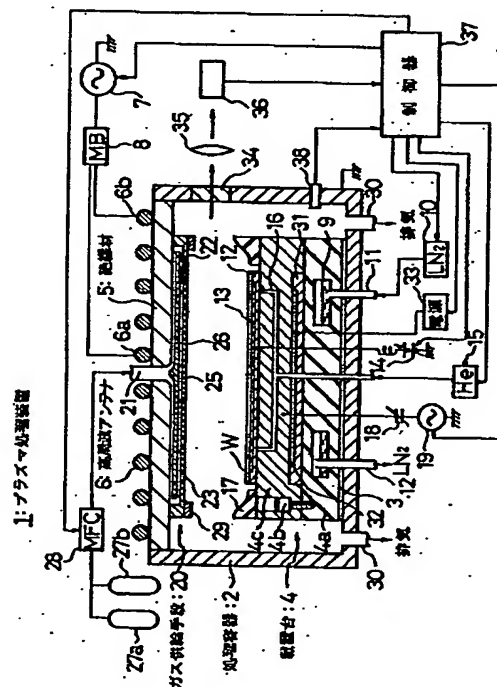
(74) 代理人 弁理士 亀谷 美明 (外1名)

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置およびその制御方法

(57) 【要約】

【目的】 プラズマ処理装置のフィードバック制御の精度を向上する。

【構成】 本発明によれば、処理容器2内の発光スペクトルを観測する観測窓34を介して同時に処理容器内から発せられる短波長成分も観測し、その短波長成分の観測窓の透過性の劣化による発光スペクトルの歪みを補正することができる。このようにして得られた信号に基づいて、高周波アンテナに印加される高周波エネルギーをオンオフ制御することにより、プラズマ流の集中性を促進し、処理の制御精度の向上を図ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 処理室の外部に絶縁体を介して配置された高周波アンテナに高周波電力を印加することによりその処理室内に誘導プラズマを励起して、その処理室内に配置された被処理体に所定の処理を施すプラズマ処理装置を制御するにあたり、  
前記高周波アンテナに対する高周波エネルギーの供給を間歇的に行うことを特徴とする、プラズマ処理装置の制御方法。

【請求項 2】 処理室の外部に絶縁体を介して配置された高周波アンテナに高周波電力を印加することによりその処理室内に誘導プラズマを励起して、その処理室内に配置された被処理体に所定の処理を施すプラズマ処理装置を制御するにあたり、  
前記処理室内に存在するガスの発光スペクトルを観測窓を介して観測するとともに、前記処理室から発せられる短波長成分を前記観測窓を介して観測し、前記発光スペクトルに応じて前記処理装置を制御する制御信号を、その短波長成分の変化に応じて補正するための補正手段を設けたことを特徴とする、プラズマ処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はプラズマ処理装置およびその制御方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来より、被処理体、例えば半導体ウェハなどを処理室内においてプラズマ処理するための装置として、高周波（RF）を用いた平行平板形のプラズマ処理装置が広く採用されている。処理室内に平行平板型の 2 枚の電極が配置された反応性イオンエッチング（RIE）装置を例にとってみると、いずれか一方の電極又は両方の電極に高周波を印加することにより、両電極間にプラズマを発生させ、このプラズマと被処理体との間の自己バイアス電位差により、被処理体の処理面にプラズマ流を入射させ、エッチング処理を行うように構成されている。

【0003】 しかしながら、上記の平行平板型プラズマ処理装置の如き従来型のプラズマ処理装置では、半導体ウェハの超高集積化に伴い要求されるようなサブミクロン単位、さらにサブハーフミクロン単位の超微細加工を実施することは困難である。すなわち、かかるプロセスをプラズマ処理装置により実施するためには、低圧雰囲気において、高密度のプラズマを高い精度で制御することが重要であり、しかも、そのプラズマは大口径ウェハにも対応できる大面積で高均一なものであることが必要である。また電極を用いたプラズマ処理装置では、プラズマ発生時に電極自体が重金属汚染の発生源となってしまう、特に超微細加工が要求される場合には問題となっていた。

【0004】 このような技術的要求に対して、新しいプ

ラズマソースを確立するべく、これまでも多くのアプローチが様々な角度からなされてきており、たとえば欧州特許公開明細書第 379828 号には、高周波アンテナを用いる高周波誘導プラズマ発生装置が開示されている。この高周波誘導プラズマ発生装置は、ウェハ載置台と対向する処理室の一面を石英ガラスなどの絶縁体で構成して、その外壁面にたとえば渦巻きコイルからなる高周波アンテナを取り付け、この高周波アンテナに高周波電力を印加することにより処理室内に高周波電磁場を形成し、この電磁場空間内を流れる電子を処理ガスの中性粒子に衝突させ、ガスを電離させ、プラズマを生成するように構成されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで上記のように構成された高周波誘導プラズマ方式の処理装置を使用する場合には、高密度かつ均一なプラズマを高い精度で制御する必要があるが、未だ安定的にかつ高い精度で発生プラズマを制御する技術は確立されておらず、上記処理装置を生産ラインで採用するには、かかる制御技術の開発が急務の課題となっている。

【0006】 また処理容器内に生成するプラズマから発生する発光スペクトルを処理容器に設けられた観測窓を通して観測し、その発光スペクトルに含まれる各成分の発光強度比を制御信号として、各機器構成をフィードバック制御する方法が知られているが、処理時にはプラズマに含まれる活性種が被処理体の処理面のみならず観測窓にも衝突し、場合によっては観測窓自体の透過性を悪化させ、透過窓を通して観測される発光スペクトルが実際値と異なり、歪んだ信号値によって正確なフィードバック制御ができないことがあり、問題となっていた。

【0007】 本発明は従来のプラズマ処理装置の有する上記のような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、高密度かつ高均一のプラズマを処理容器内で高い精度で制御するための新規かつ改良されたプラズマ処理装置の制御方法を提供することである。

【0008】 さらに本発明の別の目的は、処理容器内のプラズマから生じる発光スペクトルを観測窓を介して観測し、その発光スペクトルに含まれる各成分の発光強度比に応じて処理装置をフィードバック制御する際に、観測窓自体の透過性がプラズマ流により悪化した場合であっても、正確なフィードバック制御をあるいは観測窓のメンテナンスを実施することが可能な新規かつ改良されたプラズマ処理装置を提供することである。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、本発明の第 1 の観点によれば、処理室の外部に絶縁体を介して配置された高周波アンテナに高周波電力を印加することによりその処理室内に誘導プラズマを励起して、その処理室内に配置された被処理体に所定の処理を施すプラズマ処理装置を制御するにあたり、高周波アン

テナに対する高周波エネルギーの供給を間歇的に行うことを特徴とする、プラズマ処理装置の制御方法が提供される。

【0010】また本発明の第2の観点によれば、処理室の外部に絶縁体を介して配置された高周波アンテナに高周波電力を印加することによりその処理室内に誘導プラズマを励起して、その処理室内に配置された被処理体に所定の処理を施すプラズマ処理装置を制御するにあたり、処理室内に存在するガスの発光スペクトルを観測窓を介して観測するとともに、その処理室から発せられる短波長成分、たとえば100nmないし1000nm、好ましくは200nm程度の成分を観測窓を介して観測し、発光スペクトルに応じて処理装置を制御する制御信号を、その短波長光の変化に応じて補正するための補正手段を設けたことを特徴とする、プラズマ処理装置が提供される。

#### 【0011】

【作用】従来のプラズマ処理装置の制御方法においては、処理容器内にプラズマを生成する際に、高周波アンテナに対して高周波エネルギーを連続的に供給し、連続的にプラズマを励起していたが、本発明者の知見によれば、このように高周波エネルギーを連続的に供給した場合には、プラズマの活性種が活性化し過ぎ、たとえばエッチングを行う場合にはエッチング成分が拡散し、かえってエッチング効率が落ちることが判明した。かかる点に鑑み、本発明によれば、高周波アンテナに高周波エネルギーを間歇的に供給するので、処理容器内のプラズマが適度に活性化され最適な処理環境を構築することが可能である。なお高周波エネルギーを間歇的に供給する時間間隔については、必要な処理環境時に応じて実験的に設定したり、あるいは各種センサから送られるフィードバック信号に応じて行うことが可能である。また、高周波エネルギーの供給停止時に処理容器内の排気量を加減することにより、反応生成物の排気を促進することができる。

【0012】一般に、処理容器内から生じる発光スペクトルを観測窓を介して観測し、処理容器内の状態を観測することが行われているが、処理容器内でプラズマ処理を行った場合には、観測窓についてもプラズマ時にスパッタされたり、あるいはガス成分が付着するなどして、その透過性が劣化し、処理容器内から生じる発光スペクトルが劣化した観測窓で濾波され、観測される信号に歪みが生じ、処理容器内の状態を正確に把握できない場合がある。しかしながら、本発明によれば、同じ観測窓から、観測窓の透過性劣化の影響を受けやすい短波長成分、たとえば100nmないし1000nm、好ましくは200nm程度の成分が観測され、透過される短波長成分の変化により観測窓の劣化の程度を知ることが可能である。そして、この短波長成分の変化に応じて観測される発光スペクトル信号に対して補正を加えたり、必要に応じては観測窓の交換などのメンテナンスを施すこと

が可能である。

#### 【0013】

【実施例】以下に添付図面を参照しながら本発明に基づいて構成されたプラズマ処理装置をエッチング装置に適用した好適な実施例について詳細に説明する。

【0014】図1に示すプラズマエッチング装置1は、導電性材料、たとえばアルミニウムなどからなる円筒あるいは矩形状に成形された処理容器2を有しており、この処理容器2の底部にはセラミックなどの絶縁板3を介して、被処理体、たとえば半導体ウェハWを載置するための略円柱状の載置台4が収容されている。また載置台4の載置面とほぼ対向する処理容器の頂部は絶縁材5、たとえば石英ガラスやセラミックからなり、その絶縁材5の外壁面に導体、たとえば銅板、アルミニウム、ステンレスなどを渦巻きコイル状に形成した高周波アンテナ6が配置されている。この高周波アンテナ6の両端子（内側端子6aおよび外側端子6b）間には、プラズマ生成用の高周波電源7よりマッチング回路8を介して、たとえば13.56MHzの高周波エネルギーを印加することが可能なように構成されている。

【0015】半導体ウェハなどの被処理体Wを載置するための載置台4は、アルミニウムなどにより円柱状に成形されたサセプタ支持台4aと、この上にボルト4bなどにより着脱自在に設けられたアルミニウムなどよりなるサセプタ4cとから主に構成されている。このようにサセプタ4cを着脱自在に構成することにより、メンテナンスなどを容易に実施することができる。

【0016】上記サセプタ支持台4aには、冷却手段、たとえば冷却ジャケット9が設けられており、このジャケット9にはたとえば液体窒素などの冷媒が冷媒源10より冷媒導入管11を介して導入される。さらにジャケット内を循環し熱交換作用により気化した液体窒素は冷媒排出管12より容器外へ排出される。かかる構成により、たとえば-196℃の液体窒素の冷熱が冷却ジャケット9からサセプタ4cを介して半導体ウェハWにまで伝熱され、その処理面を所望する温度まで冷却することが可能である。

【0017】また略円柱形状に成形された上記サセプタ4c上面のウェハ載置部には、静電チャック12がウェハ面積と略同面積で形成されている。この静電チャック12は、例えば2枚の高分子ポリイミドフィルム間に銅箔などの導電膜13を絶縁状態で挟み込むことにより形成され、この導電膜13はリード線により可変直流高圧電源14に接続されている。したがってこの導電膜13に高電圧を印加することによって、上記静電チャック12の上面に半導体ウェハWをクーロン力により吸着保持することが可能なように構成されている。

【0018】上記サセプタ支持台4aおよびサセプタ4cには、これらを貫通してHeなどの熱伝達ガス（バッククーリングガス）をガス源15から半導体ウェハWの

裏面やサセプタ 4 c を構成する各部材の接合部などに供給するためのガス通路 1 6 が形成されている。また上記サセプタ 4 c の上端周縁部には、半導体ウェハ W を囲むように環状のフォーカスリング 1 7 が配置されている。このフォーカスリング 1 7 は反応性イオンを引き寄せない高抵抗体、たとえばセラミックや石英ガラスなどからなり、反応性イオンを内側の半導体ウェハ W にだけ効果的に入射せしめるように作用する。

【0019】さらに上記サセプタ 4 c には、マッチング用コンデンサ 1 8 を介して高周波電源 1 9 が接続されており、処理時にはたとえば 2 MHz の高周波電力をサセプタ 4 c に印加することにより、プラズマとの間にバイアス電位を生じさせプラズマ流を被処理体の処理面に効果的に照射させることが可能である。上記サセプタ 4 c の上方には、石英ガラスまたはセラミックスなどからなるガス供給手段 2 0 が配置されている。このガス供給手段 2 0 は、上記サセプタ 4 c の載置面と略同面積の中空円板形状をしており、その上部には上記絶縁材 5 の略中央を貫通してガス供給手段 2 0 の中空部に連通するガス供給管 2 1 が取り付けられている。ガス供給手段 2 0 の下面 2 2 には多数の小孔 2 3 が穿設されており、エッチングガスを下方の処理空間に均一に吹き出すように構成されている。また上記ガス供給手段 2 0 の中空部には、中央部にガス供給管 2 1 に向かって突出する突起部 2 5 が設けられたバッファ円板 2 6 が設けられており、ガス源 2 7 a、2 7 b よりマスフローコントローラ 2 8 を介して供給されるエッチングガスの混合を促進するとともに、より均一な流量で処理室内にガスが吹き出すように構成されている。さらにまた、上記ガス供給手段 2 0 の下面 2 2 の周囲にはガスを被処理体の処理面に集中させるように作用する環状突起 2 9 が下方に向けて取り付けられている。

【0020】また、上記処理容器 2 の底部壁には排気管 3 0 が接続されて、この処理容器 2 内の雰囲気を図示しない排気ポンプにより排出し得るように構成されるとともに、中央部側壁には図示しないゲートバルブが設けられており、このゲートバルブを介して半導体ウェハ W の搬入搬出を行うように構成されている。

【0021】さらに、上記静電チャック 1 2 と冷却ジャケット 9 との間のサセプタ下部にはヒータ固定台 3 1 に收容された温調用ヒータ 3 2 が設けられており、この温調用ヒータ 3 2 へ電力源 3 3 より供給される電力を調整することにより、上記冷却ジャケット 9 からの冷熱の伝導を制御して、半導体ウェハ W の被処理面の温度調節を行うことができるように構成されている。

【0022】次に、上記のように構成された処理装置の制御系の構成について説明する。上記処理容器 2 の一方の側壁には石英ガラスなどの透明な材料から構成される透過窓 3 4 が取り付けられており、処理室内の発光スペクトルおよび短波長成分を光学系 3 5 を介して発光ス

クトルを検出する光学センサ 3 6 a および短波長成分を検出する短波長センサ 3 6 b に送り、処理室内から発生する発光スペクトルに関する信号および短波長成分に関する信号をそれぞれ制御器 3 7 に送ることができるように構成されている。また上記処理容器 2 には処理室内の圧力などを検出するためのセンサ 3 8 が取り付けられており、処理室内の圧力などに関する信号を制御器 3 7 に送ることができるように構成されている。制御器 3 7 は、これらのセンサからのフィードバック信号あるいは予め設定された設定値に基づいて、制御信号を、プラズマ発生用高周波電源 7、バイアス用高周波電源 1 5、冷媒源 1 0、温調用電源 3 3、バッククーリング用ガス源 1 5、処理ガス用マスフローコントローラ 2 8 などに送り、プラズマ処理装置の動作環境を最適に調整することが可能である。

【0023】次に、上記のような制御系に対して本発明に基づいて構成されたプラズマエッチング装置の制御方法を適用した実施例について説明する。

【0024】まず本発明の第 1 の観点によれば、発光スペクトル信号などに応じてあるいは予め設定された値に応じて高周波アンテナに対して高周波エネルギーがオンオフ制御されて間歇的に供給される。このように間歇的にプラズマを発生させることにより、プラズマの活性種の拡散を防止し、プラズマ流を被処理体の処理面に集中させることが可能となるので、エッチング効率を高めることが可能である。またプラズマ停止中には反応生成物の排気が促進されるので、さらにエッチングレートを高めることが可能である。また必要に応じて、プラズマ停止中に排気量を加減調整する構成とすることも可能である。

【0025】また、プラズマ処理時に処理容器内から発生される発光スペクトルが石英ガラスなどからなる観測窓 3 4 から分光器などを含む光学系 3 5 を介して光学センサ 3 6 により観測され、その発光スペクトルの変化に応じて、たとえば高周波アンテナに供給される高周波エネルギーのオンオフ制御などが行われる。しかしながら、プラズマ処理時にはプラズマ流の一部が観測窓 3 4 にも衝突するので、観測窓 3 4 自体をエッチングされたり、あるいはガス成分が付着するなどして、その透過性が劣化するおそれがある。かかる場合には、処理容器内で発生した発光スペクトルの観測窓 3 4 の通過が妨げられるため、正確な信号を得ることができず、かかる歪んだ信号に基づいて装置をフィードバック制御した場合には、誤作動と同様に正確な処理を行うことができない。

【0026】そこで本発明の第 2 の観点によれば、発光スペクトルを観測する観測窓 3 4 と同じ観測窓 3 4 を介して、同時に処理室内から生じる短波長成分たとえば 100 nm ないし 1000 nm、好ましくは 200 nm 程度の成分についても観測を行う。このような短波長成分は観測窓 3 4 の透過性の劣化に対する感度が高く、した

がって観測窓34を介して送られてくる短波長成分の変化を短波長センサ36bにて観測することにより、観測窓34の透過性の劣化を把握することが可能である。そこでこの劣化の程度に応じて、上記光学センサ36aにより検出された発光スペクトルに関する信号に補正を加えることにより正確なフィードバック制御を行うことが可能である。また、短波長成分の観測の結果、観測窓34の劣化の程度が甚だしい場合には、観測窓34自体を交換するなどのメンテナンスを実施することができる。

【0027】次に、図2に基づいて、上記プラズマエッチング装置の製造工程における構成について説明する。なお、すでに説明したプラズマエッチング装置の同じ構成については同一番号を付することによりその詳細な説明は省略する。

【0028】図示のように、本発明を適用可能な高周波誘導プラズマ処理装置1の処理容器2の一方の側壁には、開閉自在に設けられたゲートバルブ39を介して隣接するロードロック室40が接続されている。このロードロック室40には、搬送装置41、たとえばアルミニウム製のアームを導電性テフロンによりコーティングして静電対策が施された搬送アームが設けられている。また上記ロードロック室40には、底面に設けられた排気口より排気管42が接続され、真空排気弁43を介して真空ポンプ44により真空引きが可能なように構成されている。

【0029】上記ロードロック室40の側壁には、開閉自在に設けられたゲートバルブ45を介して隣接するカセット室46が接続されている。このカセット室46には、カセット47を載置する載置台48が設けられており、このカセット47は、たとえば被処理体である半導体ウェハW25枚を1つのロットとして収納することができるように構成されている。また上記カセット室46には、底面に設けられた排気口より排気管49が接続され、真空排気弁50を介して真空ポンプ44により室内を真空引きが可能なように構成されている。また上記カセット室46の他方の側壁は、開閉自在に設けられたゲートバルブ51を介して大気へ接するように構成されている。

【0030】次に上記のように構成されたプラズマ処理装置1の動作について簡単に説明する。まず、大気との間に設けられたゲートバルブ51を開口して、被処理体Wを収納したカセット47が図示しない搬送ロボットにより、カセット室46の載置台48の上に載置され、上記ゲートバルブ51が閉口する。上記カセット室46に接続された真空排気弁50が開口して、真空ポンプ44により上記カセット室46が真空雰囲気、たとえば $10^{-1}$  Torrに排気される。

【0031】ついで、ロードロック室40とカセット室46の間のゲートバルブ45が開口して、搬送アーム41により被処理体Wが上記カセット室46に載置された

カセット47より取り出され、保持されて上記ロードロック室40へ搬送され、上記ゲートバルブ45が閉口する。上記ロードロック室40に接続された真空排気弁43が開口して、真空ポンプ44により上記ロードロック室40が真空雰囲気、たとえば $10^{-1}$  Torrに排気される。

【0032】ついで、ロードロック室40と処理容器2との間のゲートバルブ39が開口して、上記搬送アーム41により被処理体Wが上記処理容器2へ搬送され、サセプタ4c上の図示しないプッシャーピンに受け渡され、上記搬送アーム41がロードロック室40に戻った後、ゲートバルブ39が閉口する。その後、静電チャック12に高圧直流電圧を印加し、プッシャーピンを下げ被処理体Wを静電チャック12上に載置することにより半導体ウェハWがサセプタ4c上に載置固定される。この間上記処理容器2内は、真空排気弁52を開口することにより、真空ポンプ44を介して真空雰囲気、たとえば $10^{-1}$  Torrに排気されている。

【0033】さらに、半導体ウェハWの裏面および載置台4の各接合部に伝熱用のバッククーリング用ガスを供給しながら、冷却ジャケット9から冷熱を供給し、半導体ウェハWの処理面を所望の温度にまで冷却する。しかる後、ガス供給手段20を介してCHF<sub>3</sub>などの処理ガスを処理容器2内に導入し、本発明に基づいてダミーウェハを用いて予め求められた最適なエッチング速度を得るために最適な圧力雰囲気に到達したことが圧力センサ38により検出された後、高周波電源7からマッチング回路8を介して高周波アンテナに、たとえば13.56MHzの高周波電力が印加されることにより処理容器2内にプラズマを励起し、さらに載置台4にバイアス電位をかけることにより、被処理体Wに対してたとえばエッチングなどのプラズマ処理が施される。その際に、本発明によれば処理室の内壁の温度を50℃～100℃、好ましくは60℃～80℃に加熱することにより反応生成物が内壁に付着するのを防止することができる。

【0034】さらに本発明によれば、エッチング時に処理容器2内から発生する発光スペクトルは透過窓34を介して、光学センサ36により検出されており、観測された発光スペクトルの変化に応じてあるいは予め設定された値に基づいて、たとえば高周波アンテナに印加される高周波エネルギーがオンオフ制御される。またその際本発明によれば、同じ透過窓34を介して処理容器内から発生する短波長成分の変化が観測され、透過窓34の透過性の劣化の程度に応じて上記発光スペクトル信号が補正されるので、より正確なフィードバック制御を行うことができる。このようにして、検出される発光スペクトルが所定値に到達した場合には、エッチングが終了したと判断され、高周波エネルギーの印加が停止されるとともに処理ガスの供給も停止され、プラズマ処理動作が終了する。

【0035】 について、上記処理容器 2 内の処理ガスや反応生成物を置換するために、窒素などの不活性ガスを上記処理容器 2 内に導入するとともに、真空ポンプ 44 による排気が行われる。上記処理容器 2 内の残留処理ガスや反応生成物が十分に排気された後に、上記処理容器 2 の側面に設けられたゲートバルブ 39 が開口され、隣接するロードロック室 40 より搬送アーム 41 が処理容器 2 内の被処理体 W の位置まで移動し、プッシャーピンにより載置台 4 から持ち上げられた被処理体 W を受け取り、上記ロードロック室 40 に搬送し、上記ゲートバルブ 39 を閉口する。このロードロック室 40 において、被処理体 W はヒータにより室温、たとえば 18℃まで昇温され、その後上記ロードロック室 40 よりカセット室 46 を介して大気に搬出されることにより一連の動作を終了する。

【0036】 なお図 1 に示す実施例においては、図 3 に示すように渦巻きコイルの内側端 6a および外側端 6b の間に高周波電源 7 およびマッチング回路 8 を接続しているが、本発明はかかる構成に限定されない。たとえば図 4 に示すように、渦巻きコイルの外側端 6b にのみ高周波電源 7 およびマッチング回路 8 を接続する構成を採用することも可能である。かかる構成により、より低圧雰囲気であっても、良好な高周波誘導プラズマを処理容器 2 内に発生させることが可能となる。

【0037】 次に図 5 ないし図 14 を参照しながら、処理容器 2 内に高周波アンテナ 6 を介して励起されるプラズマの状態を最適に制御するための様々な装置構成に関する実施例について説明する。なお本明細書に添付される各図面において、同一の機能を有する構成要素については同一の参照番号を付することにより詳細な説明は省略することにする。

【0038】 図 5 には、絶縁材 5 の外壁面に取り付けられる高周波アンテナ 6 の他の実施例が示されている。この実施例においては、渦巻きコイルからなる高周波アンテナ 6 の一部 6c が 2 重巻きにされ、その重複部分 6b および 6c からより強い電磁場を形成することが可能のように構成されている。このように渦巻きコイルの巻き数を部分的に変換することにより、処理容器 2 内に励起されるプラズマの密度分布を調整することができる。なお図示の例では、高周波アンテナ 6 の重複部分を外周部分に設定したが、重複部分は必要なプラズマの密度分布に応じて高周波アンテナ 6 の任意の部分に設定することが可能である。また図示の例では、高周波アンテナ 6 の重複部分を単に 2 重巻きに構成したが、必要なプラズマの密度分布に応じて任意の巻き数に設定することが可能である。

【0039】 図 6 には、処理容器 2 の内部に、載置台 4 を囲むように同間隔で放射状にたとえばアルミニウム製の第 2 の電極 53a、53b を配置した実施例が示されている。これらの電極 53a、53b にはそれぞれマッ

チング回路 54a、54b を介して高周波電源 55a、55b が接続されている。かかる構成により、載置台 4 に印加されるバイアス用高周波エネルギーに加えて、被処理体 W の被処理面を半径方向外周から同間隔で放射状に囲む第 2 の電極 53a、53b にもバイアス用高周波エネルギーを印加することが可能なので、各高周波エネルギーの大きさ、振幅、位相、周波数などを調整することにより、処理容器 2 内に励起されるプラズマの状態を最適に制御することが可能である。

【0040】 図 7 には、処理容器 2 の内部に、ガス供給手段 20 のガス吹き出し面の下方かつ載置台 4 の上方にたとえばシリコンまたはアルミニウムからなるメッシュ状の電極 56 が配置された実施例が示されている。この電極 56 には可変電源 57 が接続されており、適当な電流をこの電極 56 に流すことにより、処理容器 2 内に高周波アンテナ 6 の作用により形成された電界の分布を制御し、処理容器 2 内に所望の密度分布を有するプラズマを励起することが可能となる。

【0041】 また図 1 に示す実施例においては、処理容器 2 の上面に石英ガラスなどの絶縁材 5 を介して高周波アンテナ 6 を配しているが、本発明はかかる実施例に限定されない。たとえば図 8 に示すように、処理容器 2 の側壁の一部を石英ガラスやセラミックスなどの絶縁材 58 から構成し、その絶縁材 58 の外壁面に第 2 の高周波アンテナ 59 を取り付けた構成を採用することも可能である。これらの第 2 の高周波アンテナ 59 は好ましくは同間隔で放射状に配置され、マッチング回路 60 を介して接続された高周波電源 61 より高周波エネルギーを印加することが可能のように構成されている。かかる構成により処理容器 2 の側壁部分からもプラズマを励起することが可能となるので、各アンテナに印加される高周波エネルギーを調整することにより、高密度で均一なプラズマを所望の密度分布で処理容器 2 内に発生させることが可能となり、より精度の高いプラズマ処理が可能となる。

【0042】 また図 9 に示すように載置台 4 の一部を石英ガラスなどの絶縁材 62 から構成し、その下面に高周波アンテナ 63 を配し、マッチング回路 67 を介して接続された高周波電源 68 より高周波エネルギーを高周波アンテナ 63 に印加する構成とすることも可能である。かかる構成によって処理容器 2 の載置台 4 の下面からもプラズマを励起することが可能となるので、各アンテナに印加される高周波エネルギーを調整することにより、高密度で均一なプラズマを所望の密度分布で処理容器 2 内に発生させることが可能となり、より精度の高いプラズマ処理が可能となる。

【0043】 また図 10 に示すように載置台 4 の上面周囲に配置されるフォーカスリングを石英ガラスやセラミックスなどの絶縁材 69 から構成し、その周囲に高周波アンテナ 70 を配し、その高周波アンテナ 70 にマッチング回路 71 を介して接続された高周波電源 72 より高



周波エネルギーを印加する構成とすることも可能である。かかる構成によって処理容器2の載置台4の周囲からもプラズマを励起することが可能となるので、各アンテナに印加される高周波エネルギーを調整することにより、高密度で均一なプラズマを所望の密度分布で処理容器2内に発生させることが可能となり、より精度の高いプラズマ処理が可能となる。

【0044】またLCDなどの比較的大面積の被処理体をプラズマ処理する場合には、図11に示すように複数の高周波アンテナ74a、74b、74c、75dを処理容器2の上面に配置された絶縁材5の外壁部に取り付け、それぞれの高周波アンテナにマッチング回路75a、75b、75c、75dを介して接続された高周波電源76a、76b、76c、76dより高周波エネルギーを印加する構成を採用することも可能である。かかる構成により、比較的大面積の被処理体を処理する大型の処理容器2であっても高密度で均一な高周波プラズマを励起することが可能となる。

【0045】また上記実施例においては、被処理体Wを載置台4の上面に載置して、処理容器2の上面に配置された高周波アンテナ6によりプラズマを励起する構成を採用しているが、本発明はかかる構成に限定されない。たとえば、図12に示すようなフェイスダウン方式を採用することも可能である。この装置構成は、図1に示す処理装置の各構成要素をほぼ天地逆転して配置したものであり、図1に示す各構成要素と同一の機能を有するものについては同一の参照番号を付するとともに、図1の構成要素と識別するために「'」を付して示すことにする。ただし図12に示すフェイスダウン方式の装置の場合には、被処理体Wを下方から支持するための上下動可能な支持機構76および被処理体Wを静電チャック12より外すための上下動可能なプッシャーピン機構77を設けることが好ましい。かかる構成を採用することにより、被処理体Wの処理面を微粒子などの汚染から保護することが可能なので、歩留まりおよびスループットのより一層の向上を図ることができる。

【0046】あるいは図13に示すように、略円筒形状の処理容器2'を垂直方向に配置し、その両面に絶縁材5'を配し、各絶縁材5'の外壁面にそれぞれ高周波アンテナ6'を取り付ける構成とし、処理容器2'の中央に略垂直に配置された載置台4'の両面に静電チャック12'を介して被処理体Wを吸着固定する構成を採用することも可能である。なお図13に示す装置の各構成要素は、図1に示す処理装置の各構成要素とほぼ同様のものであり、図1に示す各構成要素と同一の機能を有するものについては同一の参照番号を付するとともに、図1の構成要素と識別するために「'」を付して示すことにする。かかる構成を採用することにより、複数の被処理体Wを同時に処理することが可能となるとともに、被処理体Wの被処理面が垂直に配されるので、被処理面が微

粒子などの汚染から保護され、歩留まりおよびスループットのより一層の向上を図ることができる。

【0047】図14には、本発明に基づくプラズマ処理装置のさらに別の実施例が示されている。この実施例においては、サセプタ4が処理容器2の壁面とは完全に別体として、すなわち上下動可能な昇降機構78の上に載置され、サセプタ4に冷熱源や伝熱ガスを供給する管路または各種電氣的回線はこの昇降機構78の内部に配置されている。かかる構成を採用することにより、サセプタ4の被処理面をプラズマ発生源である高周波アンテナ6に対して上下動させ調整することにより、最適なプラズマ密度分布を有する空間に被処理面を移動させて処理を行うことが可能となる。

【0048】以上本発明の好適な実施例について、プラズマエッチング装置を例に挙げて説明したが、本発明はかかる実施例に限定されることなく、プラズマCVD装置、プラズマアッシング装置、プラズマスパッタ装置などの他のプラズマ処理装置にも適用することが可能であり、被処理体についても半導体ウェハに限らずLCD基板その他の被処理体にも適用することが可能である。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の第1の観点によれば、処理装置からのフィードバック信号あるいは予め設定された値に基づいて、高周波アンテナに高周波エネルギーが間歇的に供給されるので、プラズマの拡散が生じにくく、被処理体の処理面にプラズマ流を集中させることが可能である。またプラズマ停止時に反応生成物の排気が促進されるので、プラズマ処理の効率を高めることができる。

【0050】また本発明の第2の観点によれば、観測窓を介して処理室内から発生する発光スペクトルと同時に短波長成分も観測するので、短波長成分の変動に応じて、観測窓の透過性の劣化を知ることが可能となり、その劣化の程度に応じて発光スペクトル信号を補正することができるので、より正確なフィードバック信号を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に基づいて構成されたプラズマ処理装置をエッチング装置に適用した一実施例の概略的な断面図である。

【図2】図1に示すプラズマ処理装置を組み込んだ製造システムの構成図である。

【図3】図1の処理装置に適用可能な高周波アンテナ部分の一実施例を示す平面図である。

【図4】図1の処理装置に適用可能な高周波アンテナ部分の他の実施例を示す平面図である。

【図5】さらに別の構成の高周波アンテナを取り付けた処理装置の実施例を示す概略的な断面図である。

【図6】処理容器内に第2の電極を取り付けた処理装置の実施例を示す概略的な断面図である。

13

【図 7】 処理容器内に第 2 の電極を取り付けた処理装置の他の実施例を示す概略的な断面図である。

【図 8】 処理容器の側壁に第 2 の高周波アンテナを取り付けた処理装置の実施例を示す概略的な断面図である。

【図 9】 処理容器の載置台内に第 2 の高周波アンテナを取り付けた処理装置の実施例を示す概略的な断面図である。

【図 10】 処理容器の載置台のフォーカスリングの周囲に第 2 の高周波アンテナを取り付けた処理装置の実施例を示す概略的な断面図である。

【図 11】 処理容器の絶縁材の外壁面に複数の高周波アンテナを配した処理装置の実施例を示す概略的な断面図である。

【図 12】 フェイスダウン方式処理装置の実施例を示す概略的な断面図である。

【図 13】 被処理体を垂直に配した処理装置の実施例を示す概略的な断面図である。

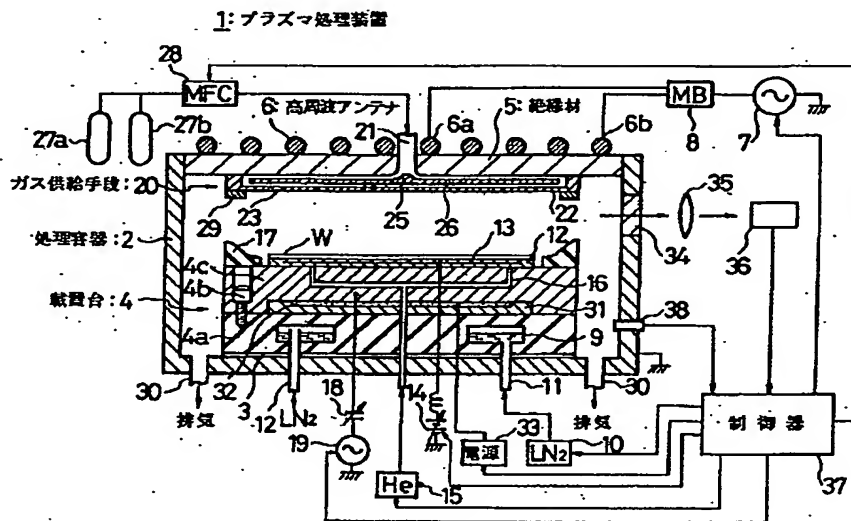
14

\* 【図 14】 載置台を処理容器と別体に構成した処理装置の実施例を示す概略的な断面図である。

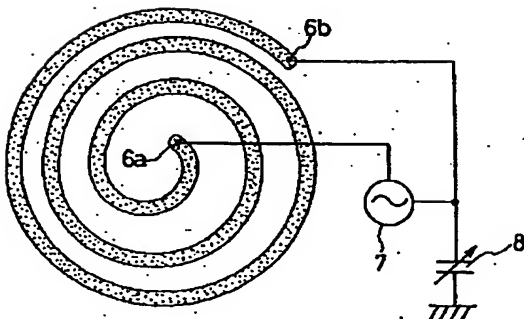
【符号の説明】

- |     |          |
|-----|----------|
| 1   | プラズマ処理装置 |
| 2   | 処理容器     |
| 4   | 載置台      |
| 5   | 絶縁材      |
| 6   | 高周波アンテナ  |
| 7   | 高周波電源    |
| 8   | マッティング回路 |
| 10  | ガス供給手段   |
| 20  | 透過窓      |
| 34  | 光学センサ    |
| 36a | 短波長センサ   |
| 36b | 制御器      |
| 37  | 圧力センサ    |
| 38  | 半導体ウェハ   |

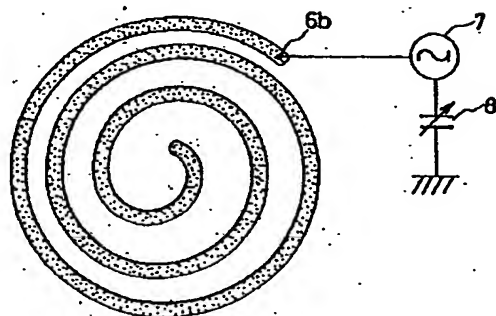
【図 1】



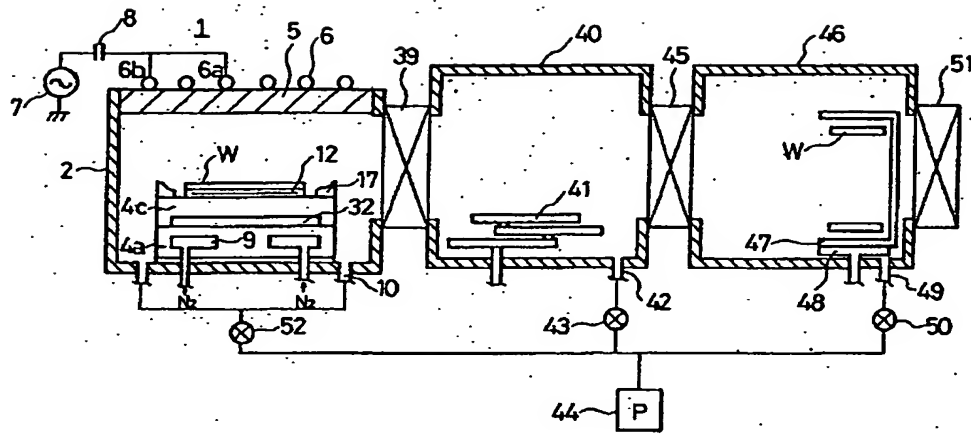
【図 3】



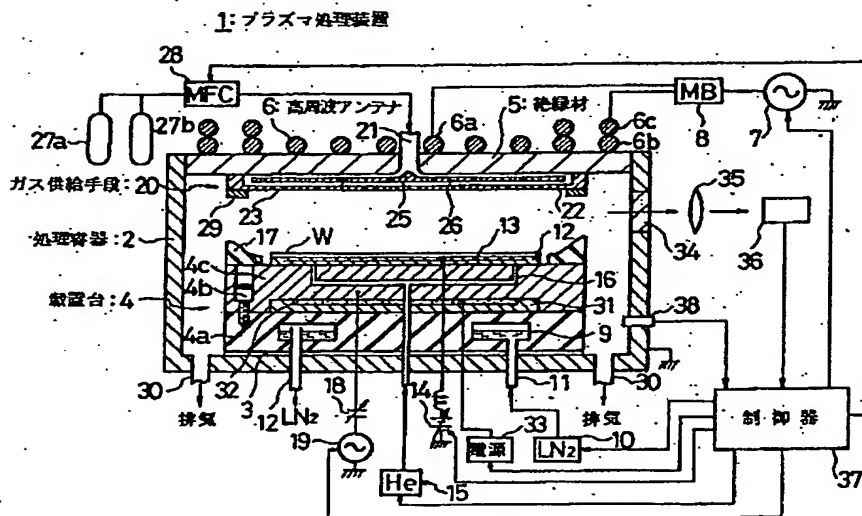
【図 4】



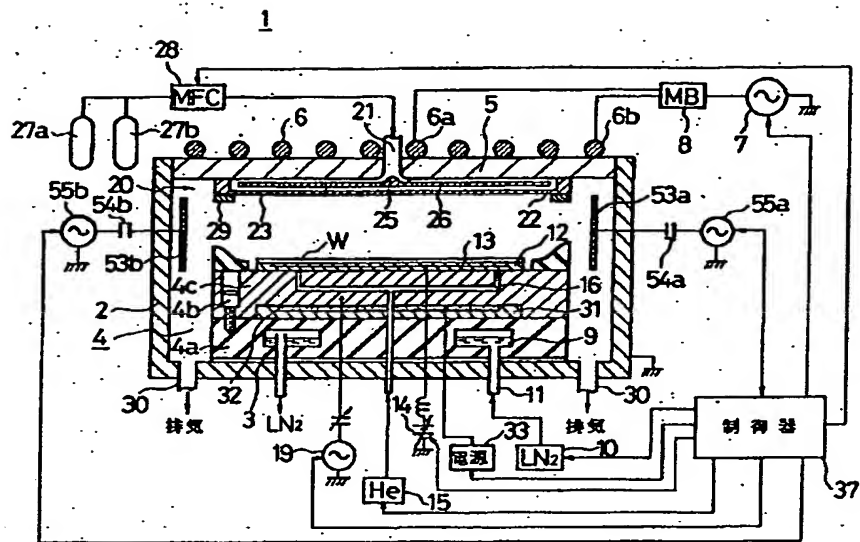
【図2】



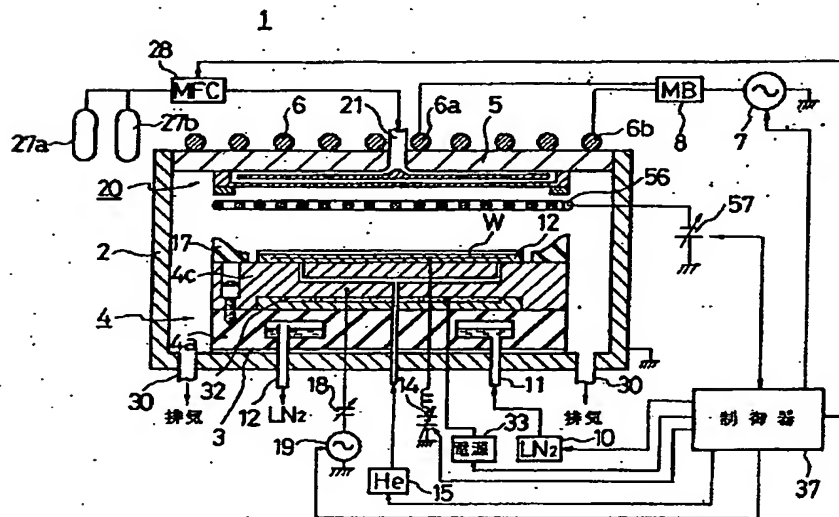
【図5】



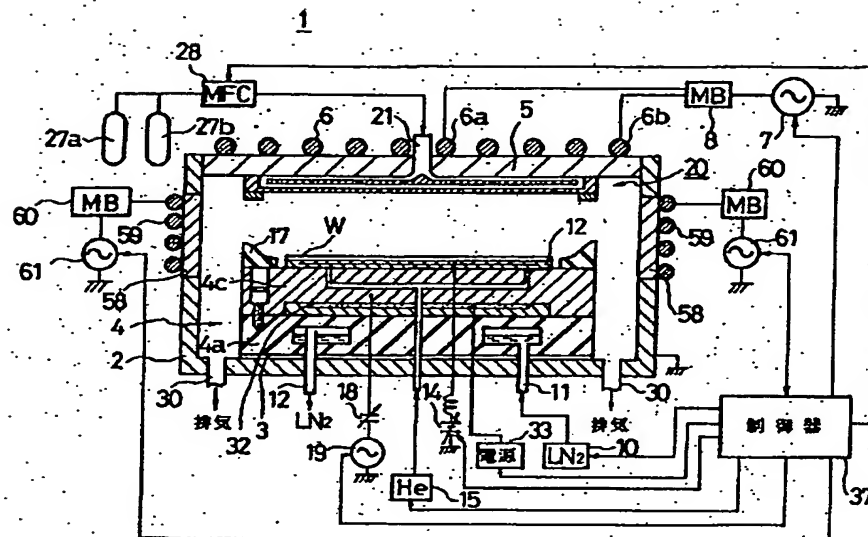
【図6】



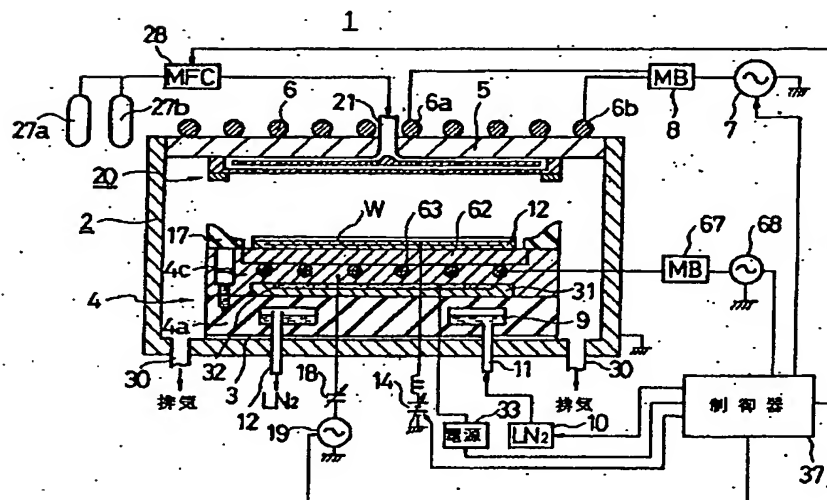
【図7】



【図8】



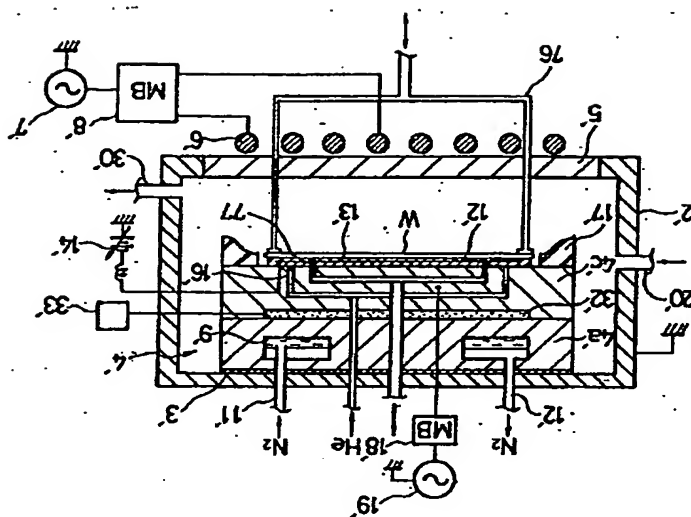
【図9】



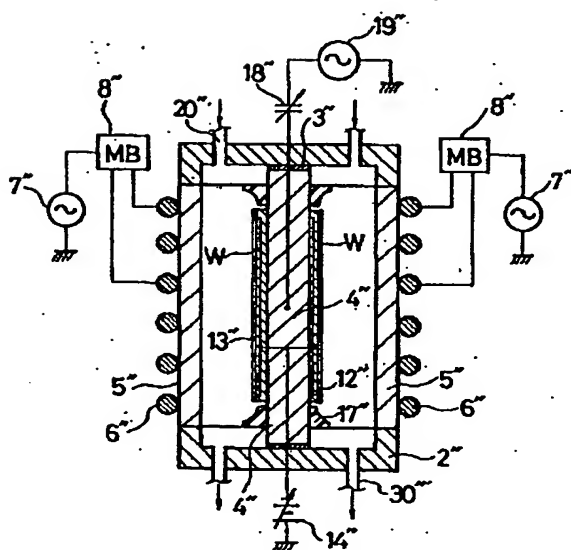
The diagram illustrates a plasma processing apparatus (1) in cross-section. A main chamber (2) contains a substrate (W) mounted on a pedestal (11). The chamber is equipped with various ports and sensors: gas inlets (27a, 27b) at the top, a mass flow controller (MFC) (28) for gas flow, a pressure monitor (MB) (8) for monitoring internal pressure, and a power supply (71) connected to the substrate. The chamber is surrounded by a cooling system (37) with LN<sub>2</sub> (liquid nitrogen) and a control unit (37). The substrate (W) is supported by a pedestal (11) which is connected to a power supply (71) and a control unit (37). The pedestal (11) is surrounded by a cooling system (37) with LN<sub>2</sub> and a control unit (37). The substrate (W) is supported by a pedestal (11) which is connected to a power supply (71) and a control unit (37). The pedestal (11) is surrounded by a cooling system (37) with LN<sub>2</sub> and a control unit (37).



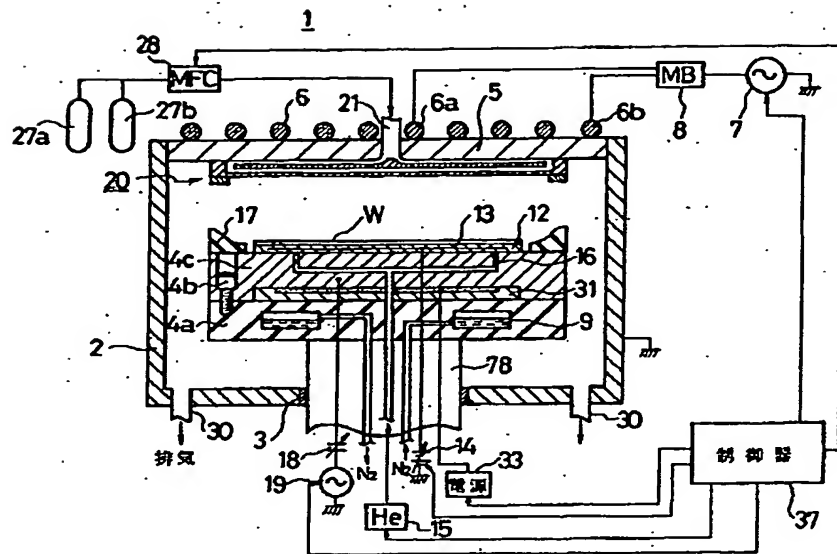
61-19



19"



【図14】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>4</sup>

C 2 3 F 4/00  
H 0 1 L 21/203  
21/205  
21/3065

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所

C 8417-4K  
S 8122-4M

H 0 1 L 21/302

A